IL
NUOVO CIMENTO

FONDATO DA C. MATTEUCCI E R. PIRIA

E CONTINUATO DA E. BETTI E R. FELICI

ORGANO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Serie VI. — Tomo III

PISA

STABILIMENTO TIPOGRAFICO TOSCANO

Ditte: Vannucchi-Galileiana-Pieraccini

1912

LA RADIAZIONE PENETRANTE ALLA SUPERFICIE ED IN SENO ALLE ACQUE.

NOTA DI D. PACINI.

Le osservazioni eseguite sul mare nel 1910 [1]) mi conducevano a concludere che una parte non trascurabile della radiazione penetrante che si riscontra nell' aria, avesse origine indipendente dall' azione diretta delle sostanze attive contenute negli strati superiori della crosta terrestre.

Riferirò ora sopra ulteriori esperienze che confermano quella conclusione.

I risultati precedentemente ottenuti indicavano esistere, sulla superficie del mare, dove non è più sensibile l' azione del terreno, una causa ionizzante di tale intensità da non potersi spiegare esaurientemente considerando la nota distribuzione delle sostanze radioattive nell' acqua e nell' aria.

Difatti, come l' Eve [2]) ha mostrato, si può calcolare facilmente quale dovrebbe essere l' azione ionizzante dovuta alle radiazioni γ emesse da particelle attive nell' aria, alla superficie del mare.

Sia Q l' equivalente in Ra. C per cm^3 nell' atmosfera, espresso come in grammi di Radio in equilibrio radioattivo $Q = 8 \times 10^{-17}$

K il numero di ioni generati per cm^3 al 1″ da un grammo di Radio ad 1 cm. di distanza: $K = 3{,}4 \times 10^9$ per l' aria racchiusa in elettroscopio d' alluminio; $K = 3{,}1 \times 10^9$ all' aria libera.

[1]) D. Pacini. *Ann. dell' Uff. Centr. Meteor.* Vol. XXXII, parte I, 1910. — *Le Radium,* T. VIII, pag. 307, 1911.

[2]) A. S. Eve. *Phil. Mag.,* 1911.

λ il coefficiente d'assorbimento dei raggi γ nell'aria $= 0{,}000044$

r la distanza dal punto in cui si considera l'azione; allora il numero q di ioni dovuti ai raggi γ del Radio C nell'aria sarà espresso da:

$$q = 2\pi \mathrm{K}\,\mathrm{Q} \int_0^\infty \frac{r^2 . e^{-\lambda r}}{r^2} dr$$

$$q = 2\pi \frac{\mathrm{K}\,\mathrm{Q}}{\lambda} = 0{,}035 .$$

Bisognerebbe ora tener conto dell'effetto dei prodotti attivi del Torio; ma non si hanno elementi precisi in proposito per poter completare il calcolo. L'Eve ammette che per effetto della radiazione γ emessa dai prodotti del Torio, si generino, per cm^3, al 1″ ioni 0,025. Il che fa in totale per l'aria ioni 0,06. In questo calcolo si suppone che l'aria al disopra della superficie del mare abbia la stessa composizione radioattiva, come al disopra del suolo, mentre in realtà, ad una certa distanza dalla costa, il contenuto di emanazione radioattiva nell'aria del mare è inferiore a quello dell'aria sul suolo, specialmente per ciò che riguarda il Torio.

Per il contributo dato dall'acqua del mare, il calcolo si fa anche facilmente, conoscendosi dalle esperienze di Joly [1]) l'equivalento in Radio $\mathrm{Q}' = 1{,}1 \times 10^{-14}$; il coefficiente di assorbimento λ' si ottiene subito ricordando che il rapporto fra detto coefficiente e la densità:

$$\frac{\lambda'}{\rho} = 0{,}034 \quad ^{2}).$$

Così si ottiene per il mare il valore $q = 0{,}006$.

Dobbiamo aggiungere al valore $q = 0{,}066$, l'effetto della radiazione secondaria destata sulle pareti del recipiente; che possiamo ammettere aumenti del 20 % l'azione che si avrebbe

[1]) Joly. *Phil. Mag.* September 1909.
[2]) Mc. Clelland. *Phil. Mag.*, July 1904.

all'aria libera; giungeremo così in totale ad una ionizzazione che è dell'ordine del decimo di ione per cm^3.

Le osservazioni da me fatte sul mare avevano tuttavia fornito per q, in media, dei valori notevolmente più grandi di quello che la teoria comporterebbe. Prendo ad esempio le indicazioni dell'apparecchio A [1]) che aveva le pareti di mm. 1,5 e tali cioè da escludere la grande maggioranza delle radiazioni tipo β. Questo apparecchio dette sul mare, a bordo di una lancia di circa 4 m^2 di superficie, una media di ioni 8,9 ed un minimo di ioni 4,7; e nella ipotesi, avvalorata dai risultati finora ottenuti, che il minimo di ioni 4,7 possa ascriversi interamente alla ionizzazione residua, resta una media di ioni 4,2, dalla quale sottraendo l'azione delle radiazioni secondarie avremo il valore:

$$q = \text{ioni } 3{,}4$$

come dovuto alla radiazione penetrante sul mare a oltre 300 metri dalla costa.

Successivamente nel maggio 1911 è stata pubblicata una nota di Simpson e Wright [2]) che hanno istituito osservazioni di elettricità atmosferica a bordo del « Terra Nova » nel viaggio dall'Inghilterra alla Nuova Zelanda, della spedizione antartica del capitano Scott. Per quanto riguarda la radiazione penetrante i citati Autori hanno trovato in media, a bordo della loro nave, il valore di circa 6 ioni; essi riscontrarono però valori di circa 9 ioni per molte ore dopo che la nave aveva lasciato le coste; quindi un aumento di 3 ioni sul valore medio di q. Il minimo valore che ottennero per q fu di 4 ioni.

Questi risultati di Simpson e Wright intanto confermano che anche all'infuori dell'azione diretta del suolo è possibile constatare oscillazioni notevoli nei valori della radiazione penetrante, e quelli delle esperienze sulle quali ora riferirò, sem-

[1]) Vedi Pacini, l. c.

[2]) G. C. Simpson and C. S. Wright: « Atmospheric Electricity over the Ocean ». *Proceed. of the Royal Soc.* Vol. 85, pag. 175, 1911.

brano anch'essi attestare della presenza di effetti ben misurabili della radiazione penetrante nell'aria, sopra un mezzo assorbente.

Vedremo pertanto che immergendo l'apparecchio nelle acque si può ulteriormente abbassare, al disotto del suo medio valore, la radiazione penetrante osservata alla superficie del mare o di un lago.

L'apparecchio A, già adoperato nelle esperienze sopra citate, venne racchiuso in una scatola di rame per poterlo immergere in seno alle acque. Le esperienze furono condotte ancora presso l'Accademia navale di Livorno e precisamente nello stesso luogo dove erano state eseguite quelle dell'anno precedente.

L'apparecchio fu disposto a bordo della medesima lancia che fu ancorata a oltre 300 metri dalla costa, sopra 8 m. di fondo e dal 24 al 31 giugno si fecero delle osservazioni coll'apparecchio alla superficie, e coll'apparecchio immerso nelle acque, a 3 m. di profondità.

Ecco i risultati di queste osservazioni, ciascuna delle quali ha all'incirca la durata di 3 ore:

Coll'apparecchio alla superficie del mare si ebbe una perdita oraria di Volta:

13,2 — 12,2 — 12,1 — 12,6 — 12,5 — 13,5 — 12,1 — 12,7

media 12,6 equivalente a ioni 11 per cm^3 al 1".

Coll'apparecchio immerso:

10,2 — 10,3 — 10,3 — 10,1 — 10,0 — 10,6 — 10,6.

media 10,3 equivalente a ioni 8,9 per cm^3 al 1".

La differenza fra questi due valori è di ioni 2,1.

La barca era la medesima che servì per le misure in cui fu possibile constatare il minimo di 4,7 ioni, ed essendo essa sempre tenuta nelle stesse condizioni, cioè o in mare, o sospesa sul mare dalla banchina, mediante grue, abbiamo ragione di ritenere che la imbarcazione non contenesse materiali attivi estranei a quelli provenienti dall'aria o dal

mare. Nelle ore in cui non si facevano esperienze, l'apparecchio era tenuto carico, sempre nello stesso locale, ove la dispersione della elettricità si conservò rigorosamente costante.

Collo stesso apparecchio furono eseguite osservazioni anche sul lago di Bracciano. A 350 metri dalla riva, ottenni in superficie $q = 12{,}4$ ed in seno alle acque a m. 3 di profondità, in un luogo ove il fondo superava i 7 m., si ebbe $q = 10{,}2$. La differenza nei due valori di q fu quindi di ioni 2,2.

Il coefficiente d'assorbimento per l'acqua essendo 0,034 è facile dedurre dalla nota equazione $\frac{I}{I_0} = e^{-\lambda d}$, dove d è lo spessore di materia traversata, che nelle condizioni delle mie esperienze, l'azione del fondo e quella della superficie erano trascurabili.

La temperatura dell'acqua fu in media di pochi decimi di grado inferiore a quella dell'aria sovrastante e, operandosi a tenuta d'aria, il numero di ioni generato nello spazio interno, varierà solo al variare della causa ionizzante. Dalle differenze 2,1 e 2,2 sottraendo il 20 % come dovuto alla radiazione secondaria, quei numeri si riducono a:

ioni 1,7 per il mare
e ioni 1,8 per il lago di Bracciano.

Questa diminuzione nel valore di q, passando dalla osservazione in superficie, all'indagine dell'interno delle acque, sarà dovuta alle azioni esterne o forse ad una variazione della ionizzazione residua del recipiente nel passaggio dall'aria all'acqua ?

Nulla sappiamo di sicuro circa la origine della ionizzazione residua dell'aria rinchiusa in un recipiente metallico.

Le cause che ci appaiono come possibili generatrici della ionizzazione residua, quando l'aria introdotta sia priva di emanazione, sono: l'attività propria, o le impurità radioattive del metallo, e forse anche la ionizzazione spontanea del gas racchiuso [1]).

[1]) G. C. Simpson and C. S. Wright (l. c.).

È poco probabile che nelle condizioni in cui vengono adoperati per queste esperienze i metalli, ad eccezione del piombo, contengano impurità radioattive: d'altronde nella lunga serie di osservazioni fatte in precedenza coll' apparecchio da me adoperato, non fu osservato un aumento di dispersione che potesse ascriversi ad impurità.

Nella ipotesi di un'attività propria del metallo, o di una emissione di elettroni per disgregazione spontanea del gas racchiuso nell'apparecchio, non appare come si potrebbe dedurre una variazione di queste cause ionizzanti, col mutare di condizione dell' istrumento, a tenuta d'aria, fra la superficie e l' interno delle acque.

La spiegazione che sembra doversi dare del fenomeno è che per il potere assorbente dell' acqua e per la quantità minima di sostanze radioattive contenute nel mare, realmente si verifichi, nell' atto della immersione, un assorbimento delle radiazioni γ provenienti dall' esterno.

Di questa ionizzazione dell'aria dovuta alla radiazione penetrante, e che, non dipende direttamente dalle sostanze attive contenute nel terreno, è naturale, come già fu osservato [1]), ricercarne l'origine in un accumulamento, intorno al luogo d'osservazione, del materiale radioattivo diffuso nell'atmosfera.

Anche Simpson e Wright attribuiscono a questa causa l'aumento di tre ioni, sulla ionizzazione normale da essi osservata in mare; secondo questi Autori le particelle attive si sarebbero depositate dall' aria sulla nave, quando la nave trovavasi in vicinanza della costa.

Se supponiamo che i prodotti attivi siano ripartiti uniformemente nell' atmosfera fino a 5 Km. di altezza, e che essi vengano rapidamente a depositarsi dall' aria, sulla superficie della terra; dai dati di Eve si deduce che si avrebbe, per ogni cm^2, uno strato di Ra. C equivalente a gr. 4×10^{-11} di Radio, in equilibrio con esso; e questo genererebbe nell'aria, ad un metro di altezza, ioni 1,8 per cm^3 al 1″.

[1]) D. Pacini (l. c.).

Nel caso delle mie esperienze, trascurando l'azione delle particelle attive che si depositano sulle acque, perchè può supporsi, che esse vadano presto in soluzione, a causa del moto ondoso; ci si può fare un'idea di quale sarebbe l'effetto della sostanza attiva che si depositasse sulla barca che ha circa 4 m^2 di superficie. Supponiamo che il Ra. C depositatosi sulla barca, agisca sull'apparecchio (che era situato al centro, sopra una tavola, all'altezza dell'orlo) come se fosse distribuito uniformemente sulla superficie di una mezza sfera di 80 cm. di raggio, in ragione di una quantità Q, equivalente a gr. 4×10^{-11} di Ra, per ogni cm^2. Il numero di ioni a cui tutto il deposito radioattivo darebbe luogo in un cm^3 d'aria, al centro della emisfera sarebbe espresso da

$$q = \frac{K\, Q}{r^2} e^{-\lambda r}\, 2\, \pi\, r^2 = 0{,}8 \text{ ioni}$$

e supponendo che i prodotti del Torio influiscano in questo caso per 0,5 ioni, avremmo in totale ioni 1,3. Il calcolo ci fornisce così un valore minore di quello osservato, ma tuttavia l'effetto sarebbe ben misurabile.

Un rapido abbassamento dei prodotti attivi dell'atmosfera potrebbe verificarsi per forti valori del campo terrestre e sopratutto nel caso di precipitazioni. Le osservazioni finora eseguite sull'andamento della radiazione penetrante, durante la pioggia, non sono abbastanza concordi, nè sufficientemente numerose per stabilire in modo indubbio la esistenza di una azione nel senso sopra detto.

Recentemente sono state fatte delle ricerche in pallone libero, sulla radiazione penetrante nell'alta atmosfera [1]). Anche queste osservazioni, sebbene non si possano considerare come definitive per ciò che riguarda lo studio della radiazione penetrante ad una certa altezza sul suolo, avrebbero tuttavia

[1]) A. Gockel. *Phys. Zeit.*, pag. 595, 1911 e V. F. Hess. *Phys. Zeit.*, pag. 998, 1911.

mostrato che là dove, per la legge dell' assorbimento dell' aria (recentemente verificata dall' Hess), non è più sensibile l' azione delle sostanze attive del terreno, si riscontrano ancora alti valori per la radiazione penetrante. Risultato questo che ha condotto il Gockel e l' Hess a ripetere quanto lo scrivente ebbe a concludere dalle prime osservazioni eseguite sul mare e quanto appare confermino le esperienze di cui è oggetto questa nota: cioè che *esista nell' atmosfera una sensibile causa ionizzante, con radiazioni penetranti, indipendente dall'azione diretta delle sostanze radioattive del terreno.*